

⑤1

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



Int. Cl.:

G 101, 1/00
G 10 g, 1/00
G 09 b, 15/00

⑤2

Deutsche Kl.:

42 g, 1/01
51 e, 6/01

⑩

⑪

⑫

⑬

⑭

Offenlegungsschrift 2 351 421

Aktenzeichen: P 23 51 421.8

Anmeldetag: 12. Oktober 1973

Offenlegungstag: 2. Mai 1974

Ausstellungspriorität: —

③0

Unionspriorität

③2

Datum:

20. Oktober 1972

30. August 1973

③3

Land:

V. St. v. Amerika

③1

Aktenzeichen:

299189

393033

⑤4

Bezeichnung:

Vorrichtung bzw. Schaltung zur visuellen Darstellung der Frequenz von Schallwellen

⑥1

Zusatz zu:

—

⑥2

Ausscheidung aus:

—

⑦1

Anmelder:

Sound Sciences Inc., Santa Ana, Calif. (V.St.A.)

Vertreter gem. § 16 PatG:

Schroeter, H., Dipl.-Phys.; Lehmann, K., Dipl.-Ing.; Pat.-Anwälte,
7070 Schwäbisch Gmünd u. 8000 München

⑦2

Als Erfinder benannt:

Humphrey, Thomas D., Silverado; Humphrey, John H., Los Angeles;
Calif. (V.St.A.)

174166711

2351421

SOUND SCIENCES INC.

fo-ss-10

12. Oktober 1973

Vorrichtung bzw. Schaltung zur visuellen Darstellung
der Frequenz von Schallwellen

Die Erfindung schafft eine Vorrichtung bzw. Schaltung zur Identifizierung bzw. Darstellung von hörbaren Tönen, die z.B. durch einen sprechenden oder singenden Menschen oder ein Musikinstrument erzeugt werden. Die neuartige Vorrichtung weist einen Wandler und einen entsprechenden Verstärker auf, sowie eine Vielzahl von Filtern, die scharf auf die Noten einer oder mehrerer Oktaven oder Bruchteile solcher Oktaven abgestimmt sind, welche beispielsweise in der wohltemperierten Notenskala oder Tonleiter auftreten, oder in anderen Tonleitern deren Töne (Frequenzen bzw. Frequenzgemische) zu identifizieren sind. Die Ausgänge der Filter liegen an Treiberkreisen für Anzeigelampen, wobei diese Treiberkreise ihrerseits durch umsetzende Stecker-verbindungen und Schalter zur Berücksichtigung von erhöhten bzw. erniedrigten Tönen mit Lampen an einem Sichtgerät verbunden sind. Dabei sind in unten im einzelnen zu erläuternder Weise alle Töne einer entsprechenden Tonleiter oder der insgesamt erfaßten Tonleitern darstellbar, die vom Wandler empfangen werden. Mit anderen Worten: Es werden Töne bzw. Folgen von Tönen sichtbar durch das Aufleuchten entsprechender Lampen dargestellt. Die Einrichtung zur Identifizierung der Töne kann ein Bauteil oder eine Baugruppe eines

Sprachlaborplatzes oder dgl. sein, bei dem ein Träger mit aufgezeichneten Instruktionen und Tönen vorliegt, die von einem Schüler nachgemacht, d.h. "gelernt" und geübt werden sollen. Es kann sich dabei z.B. um ein Tonbandgerät mit einem entsprechend programmierten, d.h. "bespielten" Tonband handeln, wobei Kopfhörer vorgesehen sein können, durch welche der Schüler sowohl die vom Band abgegebenen als auch die von ihm selbst erzeugten Töne hören kann.

Hilfsmittel zum Lehren von Musik, d.h. im Vokal- oder Instrumentalunterricht und auch zum Stimmen von Instrumenten haben entsprechend dem Stand der Technik im wesentlichen eines von zwei Grundkonzepten verwendet. Das eine bekannte Konzept besteht in der Verwendung einer Vielzahl von Tongeneratoren, von denen jeder einzeln aktiviert werden kann, um einen Ton bekannter Frequenz zu erzeugen. Ein von einem Musikinstrument oder den Stimmbändern des Menschen erzeugter Ton wird dabei über ein Mikrofon und nachgeschalteten Verstärker in die Schaltung eingegeben und dann einer Vergleichsschaltung, z.B. einem Kathodenstrahlrohr zusammen mit demjenigen Ton eingespeist, der entsprechend der getroffenen Wahl im Gerät selbst erzeugt wurde. Der von außen kommende, d.h. z.B. von einem Gesangsschüler erzeugte und in die Schaltung eingegebene Ton wird dann in einem Vergleichsverfahren weiter bearbeitet, das im besten Falle eine indirekte Methode darstellt, die keine absolut brauchbare Ausgangsgröße abgibt, bis der Vergleich der beiden Töne eine Übereinstimmung ergeben hat. Es gibt also keine unmittelbare Anzeige einer Tongleichheit; das bekannte Verfahren ist auch nicht zur gleichzeitigen Identifizierung mehrerer gleichzeitig erscheinender Töne fähig und kann - wenn es zu

einer Anzeige kommt - diese Anzeige nicht fortgesetzt bestehen lassen, wenn die Ursache der Anzeige, nämlich ein Ton, seinerseits bereits aufgehört hat.

Bei dem anderen grundsätzlich bekannten Verfahren zur Identifizierung von Tönen findet eine Vielzahl von abgestimmten Schwingelementen, z.B. Zungen oder Stimmgabeln Anwendung. Diese Tongeneratoren, d.h. die Zungen oder die Gabeln sind auf die Frequenzen der Noten der Tonleiter abgestimmt und werden akustisch oder elektrisch in Eigenschwingungen versetzt, wenn von außen ein entsprechender Ton, d.h. also einer der zu identifizierenden Töne, über ein Mikrofon oder einen anderen Wandler in das Gerät eingegeben wird. Eine derartige bekannte Vorrichtung bzw. Schaltung beschreibt die US-PS 2 779 920. In diesem bekannten Falle ist ein laminiertes Eisenkern vorgesehen, der alle abgestimmten Zungen magnetisch beeinflusst; der Kern trägt dabei eine Wicklung, über welche die zu identifizierenden Tonsignale eingepreßt werden. In einer Ausführung des bekannten Vorgehens dienen die gestimmten Generatoren, z.B. die Zungen, als Lichtverschlüsse und bei einem anderen Ausführungsbeispiel schließen sie die Treiberkreise von Lampen durch ihre Auslenkungen beim Schwingen.

Bei der Vorrichtung zur Darstellung von Tönen nach der US-PS 3 204 513 werden die durch das Aufleuchten von Lampen zu identifizierenden Töne, d.h. die entsprechende Schallenergie, an eine Vielzahl von Wicklungen angelegt, deren jede mit einem Satz von Stimmgabeln zusammenwirkt, um die Stimmgabel über einen Eisenkern, der von der Wicklung beaufschlagt wird, in ihrer Eigenfrequenz schwingen zu lassen. Jeder Stimmgabel ist ferner eine Aufnahmespule

zugeordnet, die mit der Schwingfrequenz der Stimmgabel erregt wird. Jede solche Aufnahmewicklung steuert ein Schaltkreis-Schließelement, das einen Speisekreis der dieser einen Spule zugeordneten Lampe schließt; die Lampe leuchtet dann als Zeichen dafür auf, daß die ihr zugeordnete Stimmgabel in Schwingungen geraten ist.

Solche "Tondetektoren" mit mechanisch schwingenden Bauteilen haben erhebliche technische Nachteile. Geräte mit Zungen sind Lage-empfindlich, womit gemeint ist, daß sie auf einen Eingangston in einer Lage, z.B. in der vertikalen Anordnung stärker oder besser ansprechen, als in einer anderen Lage, z.B. der horizontalen Lage. Außerdem können sehr kleine Änderungen der Lage in diesem Sinn, z.B. durch Erschüttern, oder große Änderungen dieses Lagekriteriums, z.B. durch Kippen der eigentlichen Gabelanordnung oder Zungenanordnung schlicht falsche Anzeigen liefern. Man bedenke in diesem Zusammenhang, wie klein ein Frequenzschritt zwischen zwei Halbtönen bezogen auf die Grundfrequenzen sein kann! Ein anderer Nachteil von Geräten der betrachteten Art mit Zungen besteht darin, daß solche Zungen ein Hysteresis-artiges Verhalten haben. Es hat sich gezeigt, daß Zungen die Tendenz haben, besser anzusprechen, wenn sie im Rahmen eines frequenzmäßig ansteigenden Tonspektrums angetastet werden, als wenn sie im Rahmen einer frequenzmäßig fallenden Tonfolge angetastet werden. Bei Zungen kann man einen hohen Wert für eine Qualitätsgüte Q grundsätzlich nicht erreichen, welche dann besonders hohe Werte hat, wenn frequenzmäßig der Durchlaßbereich, d.h. der Frequenzbereich des Ansprechens, sehr eng ist. Außerdem ist es aus technischen Gründen unmöglich, Zungen im vorliegenden Falle so herzustellen, daß bei jeder Frequenz der Gütewert Q gewünschte Werte hat.

Zungen haben im übrigen einen schlechten dynamischen Arbeitsbereich, weil ihre Ansprechempfindlichkeit im Bereich niedriger Frequenzen begrenzt ist und außerdem ein lineares Ansprechverhalten nur in einem kleinen Bereich erzielbar ist. Die bei solchen schwingenden Systemen unvermeidbar zu berücksichtigende Massenträgheit führt zu dem weiteren Nachteil, daß derjenige Ton, der zum Antasten beispielsweise einer Zunge oder einer Gabel dienen soll, solange anhalten muß, bis das mechanisch schwingende Element mit einer technisch brauchbaren Amplitude schwingt. Bei höheren Frequenzen werden notgedrungen relativ kurze Zungen verwendet, wodurch die Amplitude des Ausschlages beim Schwingen entsprechend kleiner wird, wodurch eine natürliche Grenze der Verwendung solcher schwingender Elemente zum Schließen bzw. Öffnen von Lichtverschlüssen oder elektrischer Kontakte besteht. Außerdem tritt bei allen solchen mechanischen Schwingern das Problem der Materialermüdung auf, was insbesondere in Sprachlabors untragbar ist, die viele Stunden am Tag benützt werden. Allein das Problem der Materialermüdung verlangt bei stark beanspruchten Geräten eine sehr häufige Auswechslung der eigentlichen mechanischen Tongeneratoren, z.B. der Zungen oder Gabeln. Wenn man mit solchen mechanischen Schwingern im Takt von deren Schwingfrequenz elektrische Kontakte öffnet und schließt, dann kommen weitere Standzeitprobleme herein, denn ein entsprechender Elektrokontakt, der nur mit der Frequenz des Kammertones schwingt, erreicht immerhin zehn Millionen Öffnungen bzw. Schließungen in nur wenigen Stunden.

In einer bevorzugten Ausführung der der Erfindung zugrunde liegenden Gedanken werden die zu identifizierenden Töne über ein Mikrofon oder einen anderen entspre-

chenden Wandler dem Gerät eingegeben. Die Wandler-Ausgangsgröße wird verstärkt, hinsichtlich der Wellenform gestaltet und auf einen Geräte-bedingten optimalen Pegel angehoben; diese Größe wird dann an die Eingänge einer Vielzahl Filter gegeben. Die Filter sind individuell derart eingestellt, daß sie einen Ton einer Tonleiter passieren lassen, wobei es sich um beliebige Tonleitern im musikalischen Sinne handeln kann, z.B. um diatonische oder chromatische Tonleitern. Solche Durchlaßbereiche sind durch die Abstimmung der Filter für die jeweils gewünschte Anzahl von Oktaven oder auch Teile von Oktaven vorgesehen. Der Ausgang eines jeden Filters ist an den Eingang einer Treiberschaltung für eine Lampe gelegt und es ist eine Steuermöglichkeit vorgesehen, durch welche die Treiberkreise nur solange die Lampe angeschaltet lassen, als der durch das zugehörige Filter durchgelassene Ton anhält; wahlweise wird der Treiberkreis für die zugeordnete Lampe in der aktiven Stellung verriegelt, so daß eine Anzeige über das Vorliegen des entsprechenden Tones bestehen bleibt, auch wenn der Ton selber inzwischen verklungen ist.

Die Ausgänge der Treiberkreise sind durch eine im einzelnen unten zu beschreibende Steckverbindungsanordnung an eine vielpolige und vielreihige Matrix von Schaltern zur Berücksichtigung von Tonerhöhungen und Tonerniedrigungen an die Lampen gelegt, die ihrerseits Teile einer Sichtanzeige in Form einer Anzeigetafel sind, auf die auch weiter unten im einzelnen eingegangen wird. Wenn die zu wahlweisen Verknüpfungen dienenden Steckverbindungen in jener Art zusammengesteckt sind, daß keine Transition stattfindet, und wenn die in einer Matritze angeordneten Schalter zur Berücksichtigung von Tonerhöhungen und Tonerniedrigungen auf den Normalzustand der Töne einer Tonleiter eingestellt sind, dann sind die Ausgänge

der Treiberkreise geradewegs direkt an die Lampen an der Anzeigetafel angeschaltet, wobei für jede Filterschaltung und jeden Lampentreiber eine Lampe in der Anzeige vorgesehen ist. Wenn nun in der Nähe des Mikrofons ein Ton erzeugt wird, dann wird die Grundfrequenz des Tones, vorausgesetzt, daß er die richtige Tonhöhe hat, durch ein und nur eines dieser Filter hindurchgelassen, und zwar durch dasjenige Filter, das auf diese Tonhöhe gestimmt ist. Der zugeordnete Lampentreiber wird angeschaltet und läßt nun seinerseits diejenige Lampe aufleuchten, die diesem einen Ton entspricht. Wenn die Verriegelungssteuerung der Lampentreiber in Verriegelungsstellung gebracht wird, dann bleibt die entsprechende Lampe auch eingeschaltet, wenn der zu ihrer Einschaltung angelegte Ton abgeklungen ist. Im anderen Fall wird die zugeordnete Lampe jeweils abgeschaltet, wenn der Ton aufhört. Wenn die Schaltung zur Formung der die Schallwellen repräsentierenden elektrischen Wellen im Sinne eines Durchlassens von Obertönen ausgebildet ist, dann können andere Lampen bei Vorliegen entsprechender Harmonischer oder Obertöne angeschaltet werden.

Zweckmäßig weist die Schautafel bzw. die eigentliche Anzeige die Notenlinien mit den dazu gehörigen Zwischenräumen und einen "Schlüssel" im musikalischen Sinne auf, der zu denjenigen Noten oder Tönen gehört, die das Gerät identifizieren soll. Wahlweise kann anstelle einer solchen Darstellung auch schematisch ein entsprechender Teil einer aus den bekannten weißen und schwarzen Tasten bestehenden Tastatur eines Tasteninstrumentes dargestellt sein. Die Lampen, welche die verschiedenen Töne oder "Noten" darstellen, können hinter der entsprechenden Schautafel so angeordnet sein, daß sie durch entsprechende Fenster in der Schautafel erkennbar sind.

Da die Anordnung Lampen für die Noten einer chromatischen Tonleiter darstellen, während die fünf Notenlinien und die vier Zwischenräume dazwischen in der üblichen Musikschriftweise nur die Noten einer diatonischen Tonleiter darzustellen vermögen, sind weitere Öffnungen zur Anzeige von erfaßten Noten vorgesehen, die zu anderen Tonleitern als c-dur gehören. Diese zusätzlichen möglichen Öffnungen mit entsprechenden Lampen und entsprechenden Filtern dienen zur Darstellung von Tonleitern mit Erhöhungen und Erniedrigungen, und auch dazu, innerhalb beispielsweise der c-dur-Tonleiter einen einzelnen Ton erhöht darzustellen, wenn dieser einzelne Ton richtig erhöht gesungen wurde. Im Falle einer Darstellung auf einem vergrößerten Notenlinienbild sind die Öffnungen dort angebracht, wo üblicherweise der Notenschlüssel dargestellt wird.

Die zum Umsetzen dienende Vielfachsteckeranordnung hat den Vorteil, daß alle Lampen relativ zu ihren zugeordneten Treiberkreisen im Bild der Notenlinien nach oben und nach unten verschoben werden können, wodurch man den Vorteil erhält, daß das Gerät die Transponierung verschiedener Instrumente, z.B. von Klarinetten, Saxophonen und manchen Hörnern vornimmt, die der Schüler nach den Unterrichtsanweisungen entsprechend dem Violinschlüssel bedient, während das Instrument aber nach einem anderen Schlüssel klingt, z.B. dem Baßschlüssel. Mit anderen Worten: Hinsichtlich der Klappen gleich zu betätigende Instrumente, wie z.B. Klarinetten und Saxophone, die hinsichtlich der absoluten Tonhöhe um Oktaven auseinander liegen, und die außerdem in verschiedenen Schlüsseln von der Musikliteratur mit Noten beliefert werden, können bei der Wiedergabe durch das erfindungsgemäße Gerät in der musikalisch richtigen Weise über-

prüft werden. Das Transponieren über die weiter unten zu erörternde Vielfachsteckerverbindungen gestattet das Transponieren zwischen geschriebener Musik und Ton- bzw. Klangbereichen, die eigentlich das Singen eines Textes in einem anderen Notenschlüssel verlangt. Die Matritzenartig angeordneten Schalter zur Berücksichtigung von Tonerhöhungen und Tonerniedrigungen gestatten eine Verschiebung der Lampen, welche zu einem natürlichen Ton und seinem erhöhten und seinem erniedrigten Ton gehören nach Maßgabe der vom Schalter bestimmten Erniedrigungen oder Erhöhungen, um auf diese Weise dem Schüler zu helfen, sich an die jeweils notwendigen Erhöhungen bzw. Erniedrigungen zu erinnern, die durch den Notenschlüssel bzw. das Tonartsymbol gegeben sind.

Zusätzlich zu den Lampen kann eine noch genauere Anzeige der genauen Tonerzeugung in Form eines Phasendetektors für alle Filter vorgenommen werden. Den zur Tonidentifizierung dienenden Filtern ist inhärent die Tatsache, daß dann, wenn der Filter einen Ton genau nach der Resonanzfrequenz des Filters selbst durchläßt, das Signal am Ausgang des Filters um 180 Grad gegenüber dem an den Filter angelegten Signal phasenverschoben ist. Wenn ein Ton, der bezüglich der Resonanzfrequenz des Filters ein erhöhter Ton oder ein erniedrigter Ton ist, d.h. ein Ton mit einem Kreuz oder mit einem Be ist, dann ist die Phasendifferenz entweder auf einer Seite oder auf der anderen Seite des 180 Grad-Wertes. Der Detektor ist so ausgebildet, daß er diese Abweichung als Prozent-Differenz der Resonanzfrequenz anzeigt.

Zusätzlich zur Verwendung des Gerätes nur als Anzeigegerät für die entsprechenden Töne, kann das Gerät - wie

eingangs erwähnt - Teil eines Sprachlehr- oder -analyse-Systems sein, das als zusätzliche Bauteile einen vom Benutzer verwendeten Kopfhörer und einen Generator, z.B. ein Magnetbandgerät für die aufgezeichneten Lektionen oder anderes Lehrmaterial aufweist. Der Kopfhörer dient dazu, das Lehrmaterial vom Band einschließlich der mit Namen oder Bezeichnung genannten Noten-werte anzugeben, die der Schüler dann in das Mikrofon sprechen oder singen soll, wobei der Kopfhörer zusätzlich ggfs. die tatsächlichen Töne wiedergeben kann, die der Student hört und die er "nachahmen", also lernen soll. Die Anzeigetafel zur Tonidentifizierung informiert den Studenten dann darüber, ob er richtig gesprochen bzw. gesungen hat, oder nicht, und die von ihm erzeugten Töne können dabei durch die Kopfhörer gehört werden.

Bevor weiter unten ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung in Einzelheiten erläutert wird, sei kurz der grundsätzliche Aufbau der Tonleitern erläutert. Im wesentlichen sind Tonleitern entweder diatonisch oder chromatisch. Die diatonische Tonleiter ist in Oktaven unterteilt, wobei jede Oktave sieben Noten enthält, die aufsteigend mit den Notensymbolen A-G bezeichnet werden. An diese sieben Noten schließt sich oben eine achte Note an, die mit demselben Buchstabensymbol wie die erste Note der Tonleiter bezeichnet wird. Diese achte, zusätzliche Note unterscheidet sich von der ersten Note der Tonleiter rein optisch durch ihre örtliche Anordnung in einem Notenliniensystem oder durch einen Index oder ein anderes beliebiges Schreibzeichen, womit jeweils ausgedrückt wird, daß die zusätzliche achte Note die doppelte Frequenz bezogen auf die erste Note am unteren Ende der Oktave hat. Ausgehend von der Taste der Note c auf der Tastatur beispielsweise eines Klaviers wird die

diatonische Tonleiter in einer Oktave durch die nächsten sechs weißen Tasten rechts vom c gebildet; die Oktave endet mit der Taste, welche das nächsthöhere c beim Anschlagen klingen läßt.

Die chromatische Tonleiter ist hingegen aus zwölf Notestufen aufgebaut, und besteht aus den sieben Noten der oben erläuterten diatonischen Tonleiter und fünf weiteren Noten, die auf der erwähnten Klaviertastatur von den fünf schwarzen Tasten repräsentiert werden, die zwischen einigen der genannten weißen Tasten liegen. Das Intervall zwischen zwei aufeinander folgenden Noten in einer chromatischen Tonleiter wird im allgemeinen als Halbton bezeichnet. Mit zwei Ausnahmen ist das Intervall zwischen zwei aufeinander folgenden Noten einer diatonischen Tonleiter das eines Ganztones, oder zweier Halbtöne. Dies ist - auf der erwähnten Klaviertastatur - an jenen Stellen der Tonleiter der Fall, an denen zwischen zwei benachbarten weißen Tasten eine schwarze Taste liegt. Die beiden Ausnahmen von dieser Regel sind: Nur zwischen den beiden zur diatonischen Tonleiter gehörenden Noten h und c sowie zwischen e und f ist auch in der diatonischen Tonleiter nur ein Halbton-Intervall. Auf der Klaviertastatur ist diese Tatsache unmittelbar daran erkennbar, daß zwischen den beiden soeben erwähnten weißen Tasten keine schwarze Taste liegt. Hieraus ergibt sich, daß jede diatonische Tonleiter sich hinsichtlich der Intervalle zwischen den Noten bei Wahl des Halbtones als Einheit darstellen läßt als 2, 2, 1, 2, 2, 2, 1. Wählt man - zweckmäßiger - als Einheit einen Ganzton, so ergibt sich folgende Intervallreihe: 1, 1, 1/2, 1, 1, 1, 1/2. Man kann auch die diatonische Skala als zwei Dreiklänge ansehen, die durch ein einem ganzen Ton entsprechendes Intervall getrennt sind; diese beiden

Dreiklänge haben dann jeweils die Sequenz: Ganzton, Ganzton, Halbton.

(In Hinblick darauf, daß in der Musikliteratur der über der Note a mit einem Ganztonintervall folgende Ton mit dem zweiten Buchstaben des Alphabets, nämlich b bezeichnet wird, wird für die folgenden Erörterungen diese Schreibweise verwendet. Mit anderen Worten: Der in der Schulmusik zumindest in der deutschsprachigen Literatur überwiegend mit h bezeichnete Ton mit einem Ganztonintervall über dem a wird im folgenden grundsätzlich der modernen Schreibweise entsprechend mit b bezeichnet. Der in der Schreibweise der Schulmusik meist mit b bezeichnete Halbton unter dem h wird infolgedessen in der im folgenden zu wählenden Bezeichnungsart zu bes.

In der folgenden Beschreibung wird das eine Tonerhöhung im Notenliniensystem symbolisierende Kreuz als + hochgestellt geschrieben; das eine Tonerniedrigung darstellende und in Notenschrift üblicherweise stark symbolisierte b wird als hochgeschriebenes b in Normal-schrift geschrieben.)

Diejenigen Noten der chromatischen Tonleiter, die den schwarzen Tasten einer Klaviertastatur entsprechen, werden als Erhöhungen oder Erniedrigungen derjenigen Noten der diatonischen Skala bezeichnet, zwischen denen sie liegen. Die Note zwischen f und g wird mithin f^+ oder g^b (gesprochen "fis" oder "ges"). Die Note zwischen a und b (beachte noch einmal die oben erläuterte Bezeichnung des deutschsprachigen Schulbuch-h als "b"!) wird als a^+ oder b^b bezeichnet (gesprochen "äis" oder "bes"). Da die c-dur-Tonleiter keine Note enthält, die den schwar-

zen Tasten der Klaviertastatur entsprechen, enthält der c-dur-Schlüssel weder ein Kreuz noch ein Be. Ein Sänger, der die c-dur-Skala singt, bezeichnet den Ton c mit der üblichen Bezeichnung "do" und die verbleibenden Noten werden dann in aufsteigender Reihe "re", "mi", "fa", "so", "la", "ti", wobei die Oktave wieder mit einem "do" abgeschlossen wird.

Andere dur-Tonleitern werden dadurch erhalten, daß den schwarzen Tasten entsprechende Noten der Klaviertastatur anstelle der diatonischen Entsprechungen genommen werden, was mit dem bekannten Mechanismus der Tonerhöhung und Tonerniedrigung erreicht wird. In der Notenschrift wird jede Tonart dadurch angezeigt, daß eine entsprechende Anzahl von Kreuzen oder Bes zumindest auf den Schlüssel folgend am Beginn der ersten Zeile eines Musikstückes steht. Fünf Kreuze oder Bes bringen alle den schwarzen Tasten (der Klaviertastatur) entsprechenden Noten in eine dur-Tonleiter und die Kreuze bzw. Bes werden gesammelt im Schlüssel verwendet. Bei den Erhöhungen (Kreuze) werden ansteigend die Noten f, c, g, d, a erhöht, wozu man zu den g-, d-, a-, e- und b-dur-Tonleitern kommt. (An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß zur Vereinfachung die Notensymbole so-wohl der dur-Tonleitern als auch der moll-Tonleitern mit Buchstaben des kleinen Alphabetes geschrieben werden. Die weiter unten folgende Einzelerörterung der elektronischen Schaltmittel wird zeigen, warum dies zweckmäßig ist).

In den dur-Tonleitern beginnend mit diesen soeben genannten Tönen (d.h. den geschriebenen Buchstaben) sind die Intervalle zwischen den Noten wie weiter oben beschrieben. Ein Sänger, der irgendeine dieser dur-Ton-

arten singt, singt bzw. bezeichnet den ersten Ton, auch Grundton oder Tonika genannt, stets mit "do". Der Grundton einer jeden Tonleiter ist derjenige Ton, nach dem die Tonart der Tonleiter bezeichnet wird. Es gibt auch Tonarten, deren Schlüssel sechs und sieben Kreuze haben; hierbei werden Erhöhungen am e und b um einen Halbton vorgenommen. Da ohnedies das Intervall zwischen e und f bzw. b und c ein Halbton ist, ist das durch Tonerhöhung des e zu eis in Wirklichkeit zumindest mit dem natürlichen f identisch und das "bis" ist derselbe Ton wie das natürliche (diatonische!) c. Wenn man sich daran erinnert, in welcher Folge Kreuze beim Notenschlüssel dazugenommen werden, dann sieht man, daß die ersten beiden Kreuze bereits die (diatonischen!) Grundtöne f und c aus der Tonleiter herausnehmen, so daß gar kein Problem entsteht, wenn man später diese Noten als "eis" und "bis" bezeichnet (die vorstehende Erörterung zeigt, warum die moderne Bezeichnung des Ganztones über a mit b besser ist!).

Die Bes werden auch kumulativ hinzugefügt, um weitere dur-Tonleitern zu erhalten. Die Reihenfolge der im Schlüssel aufzuführenden Bes ergibt beginnend mit einem Be die dur-Tonarten von b, e, a, d und g. Dabei ersetzen die so hereingekommenen und schwarzen Tasten (der Klaviertastatur) entsprechenden Noten als Erniedrigungen die rechts davon jeweils auf weißen Tasten gespielten Töne. Man erhält also sukzessive die dur-Tonarten mit den Grundtönen f, b^b, e^b, a^b und d^b, gesprochen f, bes, (!), es, as und des. Durch Anfügung des sechsten und siebten Bes an die fünf ersten erhält man dur-Tonarten, die bei g^b und c^b (ges und ces) beginnen. Die beiden weiteren Bes werden auf die Noten c und f angewendet. Wie bei dem sechsten und siebten Kreuz ergibt die Zufügung des sechsten und siebten Bes die Erniedrigung der Noten c und f, die jeweils (in der diatonischen Tonlei-

ter) nur einen Halbton über der darunter liegenden Note liegen. Damit werden die erniedrigten Noten c^b und f^b dieselben Noten bzw. Töne wie das diatonische b und das diatonische e. Entsprechend den systematischen Verhältnissen bei dem sechsten und dem siebten Kreuz eliminieren das erste und das zweite Be das diatonische b und das diatonische e aus den Tonleitern mit Bes im Schlüssel, so daß es wiederum nicht problematisch ist, sich die natürlichen (=diatonischen) Noten b und e als ces und fes vorzustellen. Zusammenfassend: Durch Hinzufügen von Kreuzen oder Bes in den Notenschlüssel einer Tonart werden nicht die Intervalle in dieser Tonart geändert, sondern nur die absolute Frequenzlage der dazugehörigen Oktave. Mit anderen Worten: Durch Hereinnahme von Kreuzen und Bes werden ausgehend von der diatonischen Tonleiter sukzessive deren Töne durch erhöhte bzw. erniedrigte Töne ersetzt.

Im folgenden wird die Erfindung unter Hinweis auf die Zeichnung an einem Ausführungsbeispiel erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen teilweise in Blockform dargestellten Prinzip-Schaltplan des Gerätes bzw. der Schaltung;

Fig. 2 einen schematischen Schaltplan eines der Kreuz-Be-Schalter der Vorrichtung;

Fig. 3 den Schaltplan eines Lampentreibers;

Fig. 4 schematisch eine optische Anzeigetafel;

Fig. 5 schematisch im Schaltplan die Eingangsschaltung der Tonerkennungsmittel;

Fig. 6 in grafischer Form eine Familie von Ansprechkurven eines typischen Bandpaßfilters;

Fig. 7 stark schematisiert einen typischen Filter der Erkennungsschaltung und einen Phasendetektor zum Antasten bzw. Monitoren der Filter; und

Fig. 8 einen stark schematisierten Schaltplan für ein Lehr- und Stimmen-Analysesystem mit der Erkennungseinrichtung.

Fig. 1 zeigt zunächst bei 10 ein Mikrofon, das am Eingang eines Verstärkers 12 liegt. Das Mikrofon 10 ist z.B. insbesondere für die akustisch-elektrische Wandlung von Sprache bzw. Gesang geeignet, oder z.B. zur Verwendung mit einem Musikinstrument. Der Ausgang des Verstärkers 12 liegt mittels eines Schalters 14 wahlweise - je nach Schalterstellung - an einem Rampen-Vorverstärker 16 und einem Breitbandvorverstärker 18. Die Ausgänge der Vorverstärker 16 und 18 liegen je an den Eingängen von Verstärkern 22 bzw. 23. Die Ausgänge dieser letzteren Verstärker werden wahlweise über den beweglichen Kontakt 20 eines weiteren Schalters an die Eingänge einer Vielzahl von Filtern gelegt, die weiter unten erläutert werden. Die beweglichen Kontaktteile der Schalter 14 und 20 sind gekoppelt, so daß immer der Verstärker, der eingangsseitig beaufschlagt wird, mit seinem Ausgang am Eingang der Filter liegt.

Die Besonderheit des Rampen-Vorverstärkers besteht darin,

daß er mit steigender Frequenz eine größer werdende Dämpfung aufweist. Seine Aufgabe besteht darin, die Harmonischen der vom Mikrofon 10 erfaßten Töne so zu dämpfen, daß nur die Grundwellen eine so hohe Amplitude haben, daß die folgende Identifizierungsschaltung darauf anspricht. Der Breitbandvorverstärker dämpft die Harmonischen *n i c h t* in solcher Weise, so daß dessen Ausgangsgröße auch Harmonische solcher Höhe oder Amplitude aufweisen kann, daß zusätzlich zu den Grundschrwingungen auch die Harmonischen an den Eingang der Filter gelangen. Der Schalter 14-20 dient - die Zeichnung zeigt dies deutlich - dazu, den einen oder den anderen dieser Vorverstärker in den Signalpfad zu legen.

Der Verstärker 22 ist vorzugsweise ein im Sättigungsreich arbeitender Verstärker, der zwischen Sättigung und Abschalten arbeitet und damit die eingegebenen Signale in Rechtecksignale umwandelt. Der Verstärker 22 kann ferner eine Ausgangsamplitudensteuerung haben. Der Verstärker 23 sättigt sich hingegen nicht und schneidet auch nicht ab; auch er kann eine Steuerung für seinen Ausgangspegel haben. Auf Einzelheiten der beiden Verstärker 16 und 18 und damit zusammenwirkender Bauteile wird weiter unten unter Hinweis auf Fig. 5 eingegangen.

Der bewegliche Kontaktarm 20 des Doppelschalters 14-20 liegt an allen einer Vielzahl von Filtern 30. Jeder dieser Filter 30 läßt nur Frequenzen des zugeordneten Tones durch. In Fig. 1 ist bei den dargestellten Filtern 30 sowohl dargestellt, welchem Ton dieser Filter entspricht, als auch welche Frequenz dieser Ton hat, und zwar unter Zugrundelegung des Kammertones. Es handelt sich weiter um die wohltemperierte Tonleiter. Es ist eine Oktave, nämlich von E-E' dargestellt, sowie der über dem oberen Grundton liegende Ton F'. Erkennbar handelt es sich dabei um diejenigen Töne, die in der Notenschrift und bei

Verwendung des Violinschlüssels auf den fünf Linien liegen bzw. in den vier Zwischenräumen zu finden sind. Die Filter sind auf die Töne einer chromatischen Tonleiter abgestimmt. Es ist eigens darauf hinzuweisen, daß sehr viel mehr Filter zum Sieben des Ausgangs vom Verstärker 22 vorgesehen sein können, insbesondere für solche Töne, die im System des Violinschlüssels oberhalb der obersten der fünf Notenlinien liegen. Hierbei liegt das eingestrichene c auf einer (zu denkenden) Notenlinie zwischen den Notenlinien für Violinschlüssel und Baßschlüssel. Wenn man sich die Filter 30 nach unten weiter fortgesetzt denkt, dann wird damit auch das Notengebiet um die fünf Linien des Baßschlüsselsystems umfaßt. Die Filter 30 können ggfs. von bekannter Bauart sein; sie müssen nur als Bandpaßfilter im angegebenen Sinne arbeiten, d.h., nur die gewollten Grundschwingungen durchlassen. Die dargestellten Filter der Fig. 1 lassen mithin die Töne der chromatischen Tonleiter durch, die auf oder zwischen den fünf Notenlinien des Violinschlüssels liegen. Eine besondere Art aktiver Bandpaßfilter, die sich im vorliegenden Zusammenhang bewährt haben, ist im Rahmen eines Vielfach-Rückkopplungsnetzwerkes beschrieben in der Zeitung "Electronics", 7. Juni 1971, S. 86-89. Der genannte Artikel heißt: "Simple Arithmetic: An Easy Way to Design Active Band Pass Filters". Das dort im Stand der Technik beschriebene wird hier ausdrücklich zur Grundlage der vorliegenden Offenbarung gemacht. Unter Hinweis auf Fig. 6 wird weiter unten ein anderes Filter beschrieben, das ebenfalls beim Arbeiten nach der Erfindung zufriedenstellend arbeitete.

Es wird ferner darauf hingewiesen, daß der Begriff "Filter" hier in seinem allgemeinen und oben im einzelnen erläuterten Sinn gemeint ist: Es handelt sich um ein elektronisches oder elektrisches Bauteil beliebiger Art,

das nur dafür sorgt, daß eine vorhergesehene Eingangswellenlänge aus dem Spektrum der angebotenen Wellen durchgelassen wird, andere Frequenzen hingegen nicht. Dazu eignen sich auch analog, digital oder zählend arbeitende Bauteile; es können auch weniger Filter als Lampen 42 vorgesehen sein, wenn nämlich beispielsweise einer oder mehrere Zähler mit logischen Schaltelementen vorgesehen ist, um eine ganz bestimmte aus mehreren Lampen in Betrieb zu setzen, je nach dem, wie hoch eine Summierung von Impulsen oder dgl. in einem gegebenen Zeitintervall ist.

Der Ausgang eines jeden Filters 30 liegt an einem Lampentreiber 32, der etwa gemäß Fig. 3 aufgebaut sein kann: Jeder Treiber besteht im wesentlichen aus zwei Transistoren 34 und 36, wobei die Basis des Transistors 34 als vom Bandpaßfilter gesteuerte Elektrode ausgebildet ist und der Transistor 34 angeschaltet werden kann, um dadurch in weiter unten zu beschreibender Weise eine Lampe aufglühen zu lassen oder anzuschalten. Die Basis des Transistors 36 wird vom Transistor 34 gesteuert, und der Kollektor des Transistors 36 ist über einen von Hand zu betätigenden Schalter 38 an Betriebsspannung zu legen; es ist ein solcher Schalter 38 für alle Treiberkreise 32 vorgesehen, wie insbesondere Fig. 1 erkennen läßt. Wenn der Schalter 38 offen ist, kann der Transistor 36 nicht angeschaltet werden und die vom Transistor 34 gesteuerte Lampe ist nur so lange angeschaltet, als das aktivierte Filter den Ton, auf den es gestimmt ist, auch erhält. Wenn der Schalter 38 geschlossen ist, wird der Transistor 36 angeschaltet, wenn der Transistor 34 anschaltet und der Transistor 36 hält nun den Transistor 34 in angeschaltetem Zustand, auch wenn der Steuereingang an den Transistor 34 vom zugeordneten Filterelement 30

aufhört. Auf diese Weise können die Lampen ggfs. anbleiben, nachdem die jeweilige Lampe nur einmal angetastet wurde. Wie erläutert, wird alles dies nur durch einen Schalter 38 bewirkt.

Die Ausgangsleitungen aus den Lampentreibern 32 sind an ein Viel-Pfadsteckersystem 40 gelegt, und die Pfade führen dann an die beweglichen Schalterteile von Steuerungsschaltern zur Berücksichtigung von Notenerhöhungen und Notenerniedrigungen in einem Muster, das im folgenden beschrieben wird. Die Ausgangsleitungen von diesen Kreuz-Be-Schaltern 48 sind Stück für Stück bezogen auf die Lampentreiber 32 an jeweils Lampen angeschlossen, die in Fig. 1 rechts dargestellt und mit 42 bezeichnet sind. Weitere Vielfachsteckverbindungen, die im ganzen mit 44 und 46 bezeichnet sind, können in die Pfade zwischen den Treiberkreisen 32 und der Vielfachsteckeinrichtung 40 vorgesehen sein, bzw. zwischen den Kreuz-Be-Schaltern und den Lampen 42, so daß die Anordnung aus Modulen bestehend gedacht werden kann, die durch die Steckersätze 44 und 46 eingeschaltet werden können, um verschiedene Anordnungen der Steuerschaltung zwischen die Treiber und die Lampen legen zu können, wenn besondere Aufgaben dies erfordern. Die Vielfach-Steckvorrichtung 40 hat jedoch die Funktion, die Lampen 42 bezüglich der Treiberkreise 32 richtig zusammenzuschalten.

Fig. 4 zeigt nun schematisch die Ansicht einer Anzeigetafel, in welcher die Lampen 42 angeordnet sind. Die Tafel stellt zunächst einmal das fünflinige Notensystem 50 und die dazwischen liegenden vier Zwischenräume dar; es ist weiter ein g-Schlüssel 52 dargestellt, der anzeigt, daß die Noten im Violinschlüssel geschrieben sind, in welchem Falle bekanntlich die Noten e, g, b, d und f von

unten nach oben auf den fünf Linien liegen und die Noten f, a, c und e in den vier dazwischen liegenden Spalten.

Auf den Linien und in den Zwischenräumen des Notensystems sind Öffnungen oder Fenster 54 fluchtend mit dahinter angeordneten Anzeigelampen 42 (s. Fig.1) angeordnet. In Fig.4 wurden diese Öffnungen 54 mit den Notensymbolen versehen, die der c-dur-Tonleiter entsprechen.

Nun weist die Schautafel zusätzlich zu den großen Öffnungen 54 erkennbar eine Anzahl kleinerer Öffnungen 56 auf, von denen jede höhenmäßig zwischen zwei höhenmäßig benachbarten großen Öffnungen 54 liegt. Die kleineren Öffnungen 56 liegen erkennbar paarweise in den vier Spalten des fünflinigen Notensystems. Hinter den kleinen Öffnungen 56 sind nun diejenigen Lampen 42 angeordnet, die erhöhte oder erniedrigte Noten der c-dur-Grundnoten darstellen, also den Noten der schwarzen Tasten an einer Klaviertastatur entsprechen. Die Anordnung ist dabei - s. noch einmal Fig.4 - so getroffen, daß eine Lampe und das dazugehörige Fenster, welche die Erhöhung einer natürlichen Note in der Tonleiter darstellen und die erniedrigte Note der nächsthöheren natürlichen Note auf einer Linie erscheinen, die durch die Mitten der Öffnungen führt, welche ihrerseits die natürlichen - nicht erhöhten und nicht erniedrigten - Noten darstellen.

Hier ist nun zunächst darauf hinzuweisen, daß bei der Reihenanzordnung der Lampen_x in Fig. 1 zwischen den e und f repräsentierenden Lampen_o liegt und daß eine Lampe zwischen den die Noten b und c repräsentierenden Lampen liegt. In Fig.1 sind diese zwischen e und f und b und c liegenden Lampen mit e⁺ bzw. b⁺ bezeichnet. (Die Zeichnung verwendet, um Verwechslungen ähnlicher kleiner

x) eine Lampe

Buchstaben zu vermeiden im Gegensatz zum Text stets große Buchstaben für die darzustellenden Töne). Es wurde nun oben bereits herausgearbeitet, daß das Intervall zwischen den Noten e und f und zwischen den Noten b und c ein Halbton ist, und es mithin keine dazwischenliegende Note der chromatischen Tonleiter gibt. Es wurde ebenfalls schon darauf hingewiesen, daß dann, wenn der Schlüssel sechs und sieben Kreuze oder Bes enthält, jede Note eines jeden dieser zwei Notenpaare als Erhöhung oder Erniedrigung des anderen in die Tonleiter eingesetzt werden kann. Die mit E^+ und B^+ bezeichneten Lampen liefern eine Darstellung für diese Situation; diese beiden Lampen können ebenfalls mit F^b und C^b bezeichnet werden.

Fig.2 (links unten neben Fig.1) zeigt schematisch einen der vielen Schalter zur Berücksichtigung der Kreuze und der Bes. Jeder solche Schalter 48 ist ein Dreifachschalter bestehend aus drei Dreipolswitchern. Die Gesamtanordnung wird in Zukunft "Dreifachschalter" genannt, jeder einzelne Dreipolswitcher wird einfach "Schalter" genannt. Zwischen den Lampentreibern 32 und den Lampen 42 selbst sind für die Noten f, a, c und d der obere und mittlere Schalterpunkt des Schalters 48-1 miteinander verbunden; der obere Anschluß des oberen Schalters ist für die anderen Noten, nämlich e, g und b mit keinem anderen Schalterpunkt verbunden. Der mittlere und der untere Schalterpunkt des unteren Schalters 48-3 des Dreifachschalters sind nur für die Noten f und c miteinander verbunden. Bei allen diesen Dreifachswitchern liegen der untere Schalterpunkt des oberen Schalters 48-1, der obere Schalterpunkt des unteren Schalters 48-3 und der Mittelanschluß des mittleren Schalters 48-2 zusammen.

Fig.1 zeigt, daß der untere, mittlere und obere Schalter 48-3, bzw. 48-2 bzw. 48-1 des dem f zugeordneten Drei-

fachschalters mit den Lampentreibern verbunden sind, die ihrerseits den Filtern für die Töne e, f und fis zugeordnet sind; fis hat (natürlich) ebenfalls die Möglichkeit der Bezeichnung als ges. Der Schalter ist für die "natürliche" Notenbedingung eingestellt, wenn die als nach rechts weisenden Pfeile dargestellten beweglichen Kontaktteile der Schalter sich in der gezeigten Position befinden, und also den jeweils mittleren Schaltpunkt aktivieren. Von den mittleren Schaltpunkten der drei Schalter 48-3, 48-2 und 48-1 des dem f zugeordneten Dreifachschalters führen Pfade zu den Lampen für e, f und fis; der erste Pfad umfaßt den mittleren Schalter 48-2 und den zugeordneten mittleren Kontaktpunkt des Schalters für die Note e, der zweite Pfad ist eine direkte Verbindung und der dritte Pfad schließt den unteren Schalter 48-3 und den Mittelkontakt des Schalters 48 für die Note g ein.

Der zuletzt genannte Pfad führt auch über den unteren Schalter 48-3 des der Note g zugeordneten Dreifachschalters 48. Der mittlere und der obere Schalter 48-2 bzw. 48-1 dieses dem g zugeordneten Dreifachschalters liegen am Ausgang derjenigen Treiberkreise, die den Filtern 30 für die Noten g und gis (as) zugeordnet sind. Der mittlere Schaltpunkt des mittleren Schalters 48-2 des Dreifachschalters für das g liegt an der Lampe für g und der mittlere Kontaktpunkt des oberen Schalters 48-1 des Dreifachschalters liegt - s. immer Fig.1! - am Eingang des unteren Schalters 48-3 des Dreifachschalters 48 für das a, wobei der Mittelkontakt des eben erwähnten Schalters an der Lampe für die Note gis (=as) liegt. Zusätzlich zu den oben beschriebenen vollständigen Schaltverbindungen zeigt Fig.1 weiterhin die entsprechenden Schalter für die Noten a, b, c und d. Die Schaltverbindung

für den Schalter e verdoppelt relativ zu den Lampen es, e und eis diejenigen des Dreifachschalters des b für die Lampen bes, b und bis, und wurde zusammen mit denen des teilweise dargestellten Schalters für die Note f' am oberen Ende der Oktave ausgelassen.

Man sieht aus Fig.1 unter Berücksichtigung der obigen Ausführungen, daß dann, wenn alle Kreuz-Be-Schalter 48 in der dargestellten natürlichen oder mittleren Einstellung sind, die Aktivierung irgendeines Lampentreibers 32 beim Auftreten einer entsprechenden Note diejenige Lampe 42 aufleuchtet, die der gespielten oder gesungenen Note entspricht. Figuren 1 und 2 zeigen, daß die beweglichen Kontaktbrücken in den drei Schaltern aller Dreifachschalter 48 gekoppelt sind; bewegt man alle diese beweglichen Schaltelemente nach unten, so daß alle unteren Kontaktpunkte an den Ausgang der Treiber gelegt sind, dann entspricht dieses der Einstellung der Anordnung für Tonerhöhungen. Bewegt man alle diese Kontaktbrücken nach oben, dann erhält man offenbar die Einstellung für Tonerniedrigungen, wodurch dann eben in der aus der vorstehenden Beschreibung ersichtlichen Weise entsprechende Lampen aufleuchten. Um zu verstehen, in welcher Weise das Einfügen der Erhöhungen und Erniedrigungen einen Schüler - sei es ein Sänger oder ein Instrumentalist - beim Üben unterstützen, sei daran erinnert, daß in der Schlüsselangabe bei Musikstücken die eigentliche Schlüsselangabe nur am Beginn beispielsweise eines kleinen Musikstückes einmal erscheint, wobei der Schüler sich praktisch stets daran erinnern muß, daß jedesmal dann, wenn im Notentext eine entsprechende Note erscheint, diese Note erhöht oder erniedrigt zu spielen ist. Der Sinn der Angabe des Schlüssels am Anfang eines Musikstückes besteht darin, das Notenbild derart zu vereinfachen,

daß man eben nicht eine aufgrund der gewählten Tonart stets durchzuführende Tonerhöhung jedesmal mit dem entsprechenden Symbol anzeigen muß.

Es sei nun angenommen, ein Schüler übe eine Etüde in g-dur. Diese Tonart hat eine Tonerhöhung, nämlich die des f zu fis; der Notenschlüssel gibt dies am Anfang der Etüde durch das bekannte Zeichen an. Um die Schaltung nach Fig. 1 von der gezeigten c-dur Stimmung auf g-dur zu bringen, müssen die drei beweglichen Schaltglieder der drei Kontakte des Dreifachschalters 48 für das f nach unten auf die unteren der jeweils drei Kontaktpunkte geschaltet werden. Alle anderen Dreifachschalter 48 bleiben in ihren "natürlichen" (= gezeigten) Positionen. Dadurch wird die fis-Lampe vom fis-Treiber getrennt und dieser Treiber wird an die f-Lampe gelegt. Der Treiber für die Note f wird an die e-Lampe gelegt, während die Lampe e dadurch mit dem Treiber für die Note e verbunden bleibt, daß der mittlere und untere Kontaktpunkt im unteren Schalter 48-3 des Dreifachschalters 48 für das f miteinander stets verbunden sind. S. hierzu Fig. 2 ganz unten! Wenn nun der Schüler spielt oder singt, dann leuchten entsprechend den gespielten oder gesungenen natürlichen Noten die entsprechenden Lampen auf. Wenn der Schüler nun eine Note im untersten Notenzwischenraum sieht, welche ohne Vorzeichen ein f bedeutet, und er sich darüber hinaus erinnert, daß entsprechend der gewählten Tonart das f zu fis zu erhöhen ist, dann leuchtet auf der Schautafel die kleine Lampe für das fis nicht auf, sondern vielmehr die Lampe zwischen den beiden untersten Notenlinien, die dem f entspricht. Der Schüler sieht daraus, daß er richtig gespielt hat. Wenn der Schüler aber anstatt des geforderten fis ein f spielt, dann geht die dem eis zugeordnete Lampe als Zei-

chen dafür an, daß der Schüler ganz offensichtlich nicht daran gedacht hat, ein fis zu spielen.

Wenn der Notenschlüssel zwei Kreuze zeigt, dann ist ebenfalls das c zu erhöhen. Es müssen also die Dreifachschalter 48 für f und c in die Erhöhungsposition gebracht werden, d.h. in Fig.1 muß nach unten geschaltet werden. Wenn der Dreifachschalter 48 des c sich in der Erhöhungsposition befindet, also die beweglichen Kontaktbrücken nach unten geschaltet sind, (Orientierung in Fig.1) dann werden die Speisepfade für die Noten cis, c und bis entsprechend den Änderungen der Strompfade umgeschaltet, welche durch die Schalter bezüglich der Noten fis, f und dis gemacht wurden.

Der Notenschlüssel mit drei Kreuzen fügt als dritte Ton-
erhöhung die beim g hinzu. Um dem Schüler hier beim Le-
sen dieser Tonart zu helfen, wird zusätzlich zu den den
Noten f und c zugeordneten Dreifachschaltern 48 auch der
dem g zugeordnete Dreifachschalter 48 in die Erhöhungs-
stellung gebracht, d.h. in Fig. nach unten geschaltet.
Am oberen Schalter 48-1 des Dreifachschalters für g
wird der Pfad vom Lampentreiber 32 des gis-Filters nun-
mehr an die Lampe 42 für die Note g gelegt und die Lam-
pe gis wird abgeschaltet. Der Lampentreiber 32 des Filters
für g wird an die Lampe für fis gelegt, die vom fis-
Treiber durch den Dreifachschalter für f getrennt war.
Wenn nun die Etüde richtig die Töne fis, cis und gis
spielt, dann leuchten zu den entsprechenden Zeiten die
Lampen der diesbezüglichen Noten f, c und g auf. Wenn
aber der Schüler - z.B. weil er eine durch den Noten-
schlüssel vorgeschriebene Tonerhöhung vergißt - ein f,
ein c oder g anstelle des vorgeschriebenen jeweils er-
höhten Tones spielt, dann leuchtet diejenige hinter einer

kleinen Öffnung angeordnete Lampe auf, die sich jeweils als nächste unterhalb derjenigen Lampe befindet, die aufgeleuchtet hätte, wenn der Schüler richtig gespielt hätte.

Im folgenden sei erläutert, wie beim Spielen von erniedrigten Tonarten vorzugehen ist. Die erste Tonart mit Erniedrigung, welche also ein Be im Schlüssel aufweist, ordnet diese eine Erniedrigung der natürlichen Note b zu (man bedenke hier wieder die eingang-s getroffene Feststellung, daß b der natürliche Ton einen Halbton unter c ist!). Um das Gerät auf diese Tonart einzustellen, die bekanntlich f-dur heißt, werden die Einzelschalter 48-1, 48-2 und 48-3 des dem b zugeordneten Dreifachschalters nach oben geschaltet und alle anderen Dreifachschalter bleiben in der in Fig.1 gezeigten Stellung. Bei dieser Einstellung des Dreifachschalters für b wird der Lampentreiber 32, der dem Filter für die Note b^b zugeordnet ist, von der Lampe für b^b am Schalter 48-3 getrennt und stattdessen an die Lampe für b gelegt. Am mittleren Schalter 48-2 des Dreifachschalters 48 für b wird der Lampentreiber 32 für das b-Filter an die Lampe für b^+ gelegt. Spielt der Schüler nunmehr die Note b^b richtig, dann leuchtet die Lampe für die Note b auf der Schautafel an derjenigen Stelle des dort dargestellten Fünfliniensystems auf, an welcher der Schüler in seinem Notentext diese Note gelesen hat. Spielt der Schüler aber falscherweise die nicht erniedrigte Note b, dann leuchtet die einen Fehler anzeigende Lampe für b^+ auf. Der Notenschlüssel mit zwei Erniedrigungen fügt die zweite Erniedrigung der natürlichen Note e zu. Nunmehr ist der Dreifachschalter 48 für e in die Erniedrigungsstellung zu schalten, wodurch die Lampe für e an den Treiber für die Note es angeschlossen wird und die Lampe für eis wird an den Treiber für die Note e angeschlossen. Die Tonart mit